Ueber die physiologische Bedeutung

des

in den Pflanzen vorkommenden oxalsauren Kalks.

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

an der

Universität zu Rostock.

Verfasst von

Heinrich Arno Aé.

Regensburg, 1869.

Druck von F. Neubauer (Krug's Wittwe) in Regensburg.

Herrn

Dr. Joh. Röper,

ord. Professor der Botanik an der Universität Rostock

in dankbarer Verehrung

gewidmet

vom

Verfasser.

Ueber die physiologische Bedeutung des in den Pflanzen vorkommenden oxalsauren Kalks.

So oft ich die über diesen Gegenstand handelnden Ansichten, dass nämlich die in den Pflanzen vorkommenden Krystalle von oxalsaurem Kalk als todte Auswurfsproducte und die dieselben enthaltenden Zellen als absolut todt zu betrachten seien, las, immer kamen mir über die Richtigkeit dieser Ansichten Zweifel bei.

Warum? das war mir anfänglich wohl nicht klar, aber ich konnte mir nie denken, dass die so sparsam waltende Natur einen Körper, der von allen Pflanzen, und in so auffallender Menge erzeugt wird, nur produciren sollte, um ihn für den grossen Haushalt der Natur verloren gehen zu lassen.

Besonders sind es zwei Arbeiten, welche in dieser Richtung mir hier vorliegen:

G. Holzner, über die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes, Flora 1867

und

C. Sanio, über die in der Rinde dicotyler Holzgewächse vorkommenden Niederschläge von kleesaurem Kalk.

Während G. Holzner seine Untersuchungen dahin zusammenfasst:

„die Oxalsäure ist ein Product der Proteinstoffe, bestimmt den phosphorsauren (und schwefelsauren) Kalk zu zersetzen, während der Kalk die Bestimmung hat, der Pflanze Phosphorsäure (und Schwefelsäure) zuzuführen. Nach Erfüllung dieser Bestimmung sind beide für die Pflanze werthlos oder schädlich. Daher ist von der Natur dafür gesorgt, dass sie vereint ein in organischen Säuren (und Phosphorsäure) unlösliches Salz bilden, oder auch: die Pflanze erzeugt Oxalsäure, weil deren Kalksalz in organischen Säuren (und Phosphorsäure) unlöslich ist und somit durch jene die Phosphorsäure (und Schwefelsäure) frei wird,"

schliesst C. Sanio seine Arbeit mit folgenden Worten:

„Fragt man, als was diese Niederschläge zu betrachten sind, so muss ich mit Entschiedenheit mich dahin erklären, dass es todte Auswurfsproducte sind, welche sich bei den zahlreichen Zersetzungen in der Pflanze bilden und an den beschriebenen Stellen aufgespeichert und schadlos gemacht werden. — Die Zellen, in welchen sie vorkommen, sind absolut todt; nie wird in ihnen der oxalsaure Kalk wieder in Lösung gebracht. Ob freilich die Bildung der Oxalsäure so einfach vor sich geht, wie dies Mulder (physiologische Chemie p. 854) annimmt (2 Atome Kohlensäure geben 1 Atom Oxalsäure und 1 Atom Sauerstoff), dürfte nicht so leicht mit Sicherheit zu entscheiden sein."

Ueber die Krystallformen des oxalsauren Kalks, deren chemische und optische (Flora 1864) Eigenschaften und Verbreitung, sowie wegen der bis jetzt darüber vorhandenen Literatur, verweise ich auf die Arbeiten von G. Holzner und C. Sanio.

Ich erlaube mir nur, noch eine sehr hübsche Reaction der Krystalldrusen zu erwähnen. — Lässt man nämlich auf dieselben einige Zeit eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol einwirken, wäscht denselben wieder aus und fügt alsbald etwas concentrirte Kalilösung hinzu, so zeigen dieselben, besonders von ihrer Mitte ausgehend, eine schöne blaugrüne Färbung, vermuthlich in Folge des in ihnen enthaltenen organischen Kerns, welche jedoch mit der bald stattfindenden Lösung verschwindet. Ausserdem zeichnen sich alle Krystalle oxalsauren Kalks von den etwa mit ihnen zu verwechselnden Eiweisskrystallen dadurch aus, dass sie durch das Millon'sche Reagens schwarz (durch stattfindende Zersetzung des Quecksilberoxydulsalzes), letztere aber schmutzig roth werden.

Was nun speciell die physiologische Bedeutung des Kalks betrifft, so wird dieselbe neuerdings nicht mehr allgemein in dem Sinne, wie sie Holzner, Sanio und A. annehmen, aufgefasst.

Ein ungenannter Agriculturchemiker (ökonomische Fortschritte von Zöller 1867. Nr. 39. 40. pag. 309) sagt:

„Den Kalk bedürfen die Pflanzen schon in ihrer ersten Wachsthumszeit; er scheint in Beziehung zu stehen mit der Bildung des Zellstoffes (der Cellulose)“

und weiter:

„dass wirklich Kalk und Zellbildung in innigem Zusammenhange stehen, ergiebt sich auch daraus, dass mit dem vermehrten Uebergange der löslichen Kohlenhydrate in Zellstoff oder in Holzsubstanz sich immer grössere Mengen von Kalk in den Pflanzen sammeln. — Die Kalkmenge ist dann oft in den alten verholzten Pflanzenorganen auf die 3—6fache Menge ihres anfänglichen Vorkommens gestiegen. — Aber nicht allein die soeben erwähnte Function des Kalkes, bei der Erzeugung des Zellstoffes betheiligt zu sein, sondern auch die, als Ablagerungssubstanz zu dienen, um dem Gerüste der Pflanzen, vorzüglich dem Stengel etc. der Dicotyledonen, die gehörige Stärke und Festigkeit zu geben, kommt unzweifelhaft dem Kalk zu. — Der Kalk spielt hier dieselbe Rolle, wie die Kieselsäure bei den Monocotyledonen.“

In ähnlichem Sinne spricht sich auch Sachs (Handbuch der Experimentalphysiologie pag. 142.) über die physiologische Bedeutung des Kalks aus.

Eine noch weiter gehende Bedeutung spricht in einer neuern Arbeit Dr. A. Beier (Archiv der Pharmarcie, März 1868. Mittheilungen über das Saftsteigen in den Bäumen zur Frühjahrszeit) dem Kalke zu:

„Aus Allem lässt sich die Vermuthung ziehen, dass möglicherweise schon im Herbste Mineralstoffe gleichsam als Reservestoffe im Baume niedergelegt und im Frühjahre erst wieder gelöst werden.— Eine Aufnahme von Kalk durch die Knospen findet nicht statt, wie wir oben gesehen haben. Das bedeutende Vorhandensein desselben im Safte lässt jedoch seine Wichtigkeit beim Auflösungsprocesse der Reservestoffe erkennen. Schon die Thatsache, dass fast aller Kalk an Aepfelsäure gebunden ist, scheint dafür zu sprechen.

Meine weiter unten ausführlich angeführten Untersuchungen im Herbste 1867 mit mehrjährigen Pflanzen bestätigen allerdings die später ausgesprochene Vermuthung von Beier, dass nämlich, wie ich fand, im Herbste schon Kalk, an Oxalsäure gebunden, im Baume niedergelegt wird. — Ich fand aber zugleich auch im darauffolgenden Frühjahre, dass bei den nämlichen Pflanzen, welche im Herbste zur Beobachtung gedient hatten, eine bedeutende Aufnahme von Kalk durch die Knospen stattfand, wodurch ich die entgegengesetzte Ansicht von Beier, dass nämlich eine Aufnahme durch die Knospen nicht stattfinde, widerlegt glaube; überdies schliesst Beier seine Arbeit mit den Worten:

„Der Kalk nun, der in der ersten Periode der Entwickelung der Blätter nicht aufgenommen wurde, scheint später doch in dieselben überzutreten, denn circa 4 Wochen nach Beendigung des Saftflusses gesammelte Blätter von dem Versuchsbaume enthalten in ihrer Trockensubstanz 1,86% Kalk, während die Knospen nur 0,857% davon enthielten."

Was übrigens Beier's Bemerkung:

„Schon die Thatsache, dass fast aller Kalk an Aepfelsäure gebunden etc."

betrifft, so erlaube ich mir zu bemerken, dass ich gerade in der Hainbuche, mit welcher Beier experimentirte, ziemlich viel Krystalldrusen, welche allgemein für oxalsauren Kalk gelten, fand, und deren Ueberführung aus dem Stamme in die Knospen deutlich verfolgen konnte; auch ist es wohl vorherrschende Meinung aller Autoren, dass der Kalk zum grösten Theile an Oxalsäure gebunden in der Pflanze vorkommt.

Obwohl es schon mehrfache positive Beweise giebt, dass die oben erwähnten Krystalldrusen wirklich aus Oxalsäure und Kalk bestehen, so will ich doch noch diesen hinzufügen. Es ist mir nämlich gelungen, diese Drusen auch künstlich zu erhalten. Ich lasse schon seit mehreren Monaten auf künstlich dargestellten kleesauren Kalk concentrirte Kalilauge einwirken und, nachdem ich dies lange nicht unter das Miskroskop genommen hatte, bemerkte ich endlich, dass sich neben jenen sechsseitigen Tafeln, welche immer entstehen, wenn man concentrirte Kalilösung auf kleesauren Kalk einwirken lässt, eine ziemliche Menge von Körpern gebildet hatte, welche den natürlich vorkommenden Drusen, sowohl der Form als auch der Grösse nach, vollkommen gleich waren.

Was die physiologische Bedeutung der Oxalsäure betrifft, so

wird dieselbe meist dahin gedeutet, dass sie werthlos sei und durch den Kalk unschädlich gemacht werde.

Wo aber käme schliesslich all der Platz her, die sich jedes Jahr durch Neubildung vermehrenden krystallinischen Niederschläge von kleesaurem Kalk, falls man denselben nach ihrem Entstehen jede Fähigkeit, wieder gelöst und weiter verwerthet zu werden, absprechen wollte, in der Pflanze unterzubringen?

Bei den physiologischen Chemikern gilt die Oxalsäure für ein Desoxydationsproduct der Kohlensäure. Während sie aber die Einen, z. B. Mulder, C. Schmidt, Liebig und A., wie alle Pflanzensäuren, als Zwischenglied behufs Bildung von Kohlenhydraten aus Kohlensäure betrachten, sprechen ihr andere Autoren diese Bedeutung ab. — So sind die Gründe, welche von Mohl und Sanio gegen diese Ansicht haben, von Holzner folgendermassen wiedergegeben:

„Viele Gründe scheinen mir aber gegen die angeführte Annahme zu sprechen. Der eine ist der von Mohl und Sanio berührte, dass unerklärlich bleibt, warum so viele und, wie man jetzt weiss, alle Pflanzen die eine Säure in so grosser Menge erzeugen sollten, dass überall der als Nährstoff für wichtig gehaltene Kalk nöthig ist, um den Ueberschuss unschädlich zu machen. — Es bleibt unerklärlich, warum zwei für das Pflanzenleben wichtige Stoffe sich zu einem Auswurfsstoffe verbinden sollen. — Eine andere aufhaltende Erscheinung ist, dass die Krystalle selten in Zellen gefunden werden, welche Chlorophyll enthalten. — Es läge doch diese Annahme so nahe, den Ort der Krystallbildung da zu suchen, wo die Entstehung der Säure stattfindet."

Davy's Ansicht, dass bei der Assimilation der Kohlensäure unmittelbar Stärke oder ein anderer, die Stärke substituirender Stoff erzeugt wird, bestätigen auch Sachs' Beobachtungen (botan. Zeitung 1862).

Ebenso nimmt auch Unger (Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1866. pag. 139.) an, dass die Pflanzensäuren keine Uebergangsglieder sind, sondern sich bei dem Uebergange der Kohlensäure in die Kohlenhydrate abscheiden.

Dass Holzner schliesslich zu der Vermuthung gelangt ist, dass die Oxalsäure ein Assimilationsproduct der Proteinstoffe sei, erwähnte ich bereits.

Während also einerseits, und zwar von den physiologischen Chemikern, die Oxalsäure als durch Reduction der Kohlensäure

entstanden, erklärt wird und die Entstehung derselben direct aus Kohlensäure auch neuerdings durch Dr. Drechsel nachgewiesen worden ist, bildet sie sich, wie bekannt, andererseits viel leichter durch Oxydation vieler organischen Körper, als Stärke, Zucker, Holzfaser etc.

Dass jedoch dieser letztere Weg, der der Oxydation, zu einer Erklärung für die Entstehung der Oxalsäure in der Pflanze benutzt worden ist, ist mir bis jetzt unbekannt und es liegt hier in meiner Absicht, diess zu versuchen.

Dass die Kohlensäure für das Leben der meisten Pflanze eine conditio sine qua non, dass sie behufs ihrer Assimilation Sauerstoff verlieren muss, ist selbstverständlich, aber nicht, und darin sind die Autoren bis jetzt auch nicht einig, dass die Pflanzen erst als eines der Zwischenglieder Oxalsäure bilden, um Kohlenhydrate zu erzeugen, und sehr richtig drückt H. von Mohl (Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle, Braunschweig 1851 pag. 91) seine Zweifel damit aus:

„Wenn die Säuren diese Uebergangsstufe zwischen der Kohlensäure und zwischen den neutralen Verbindungen bilden, so ist auffallend, warum so viele Pflanzen eine Säure, und namentlich Kleesäure, in einer weit grösseren Menge, als zu diesem Zwecke erforderlich wäre, erzeugen und dieselbe in Verbindung mit Kalk in unauflöslichem Zustande in Krystallform in den Zellen niederlegen, ohne in späterer Zeit diese Krystalle wieder aufzulösen."

Ebenso wie sich die Entstehung der Oxalsäure in der Pflanze durch Desoxydation der Kohlensäure recht leicht erklären lässt, ebenso sind auch, und das lässt sich nicht läugnen, für ihre Entstehung durch Oxydation alle Bedingungen vorhanden. An leicht oxydirbaren Körpern fehlt es nie und auch nicht an dem dazu nöthigen Sauerstoff; denn entweder werden davon in der Pflanze bedeutende Mengen frei oder von derselben eingeathmet. Sicherlich aber ist die Oxalsäure kein Zwischenglied zwischen der Kohlensäure und den Kohlenhydraten; schon ihres Characters wegen scheint sie mir in der Pflanze nicht dazu geeignet. Vielmehr liegt hier die Vermuthung nahe, dass sie durch den stets in mehr als genügender Menge vorhandenen Sauerstoff im status nascendi immer weiter oxydirt wird. Bringt man sie allerdings, oder auch in ihrer Verbindung mit Kalk, mit leicht reducirbaren Körpern z. B. mit übermangansauerem Kali, in saurer Lösung zusammen,

so wird sie augenblicklich, oder durch Unterstützung von Wärme, zu Kohlensäure oxydirt.

Es kann obige Meinung, in Bezug auf das Verhalten der Oxalsäure im Leben der Pflanze, jedoch nur eine Vermuthung bleiben, denn welche Rolle sie in Wirklichkeit dabei einnimmt, dürfte mit Bestimmtheit jetzt noch nicht zu entscheiden sein. Sie nimmt in dieser Beziehung eben eine höchst interessante Zwischenstellung ein; denn während sie auf der einen Seite durch leicht reducirbare Körper bald höher oxydirt wird, geht sie selbst auf der andern Seite bald in sauerstoffärmere Verbindungen über.

Nicht unwichtig dürfte sein, die Versuche hier zu erwähnen, welche Wittstein (Vierteljahresschrift f. prakt. Pharmacie Bd. 11, S. 572.) über das Verhalten der Oxalsäure im Sonnenlichte angestellt hat. Nach denselben vermindert sich die Menge einer dem Sonnenlichte ausgesetzten, in einem hermetisch verschlossenen Gefässe sich befindlichen, wässerigen Lösung von Oxalsäure nicht unbedeutend; was jedoch aus der verschwundenen Oxalsäure geworden, ist noch nicht zu entscheiden gewesen.

Ich beabsichtige, die nicht abgeschlossenen Versuche Wittstein's wieder aufzunehem und weiter auszuführen, denn sicherlich muss das Resultat auf die Lösung der Frage von der physiologischen Bedeutung der Oxalsäure von grosser Wichtigkeit sein.

Dass eine beträchtliche Menge Oxalsäure im freien Zustande den Pflanzen nicht zuträglich sein kann, ist leicht erklärlich, bemerke jedoch hierbei, dass, nach Rochleder, die Kätzchen des Wallnussbaumes eine grosse Menge davon im freien Zustande enthalten sollen; dass sie aber auch in ihrer am häufigsten vorkommenden Verbindung mit Kalk kein Auswurfs- oder Absonderungsprodukt im Stoffwechsel ist, werde ich durch einige, längere Zeit von mir fortgesetzte Beobachtungen an perennirenden und einjährigen Pflanzen zeigen.

Im Nachfolgenden will ich nun die Versuche anführen, welche mich zu der Behauptung brachten, dass die Oxalsäure und speciell der oxalsaure Kalk, kein Auswurfsprodukt sind, sondern dass denselben eine nicht unbedeutende Rolle im Leben der Pflanzen zugesprochen werden muss.

Ich fand nämlich durch mikroskopische Beachtungen, dass

I. beim Uebergange der Pflanzen in die Winterruhe ein Theil der im Herbste in mehrjährigen Pflanzen vorhandenen krystallinischen Niederschläge von oxalsaurem Kalk aus den

Blättern in die perennirenden Theile zurückgeführt wird.

Deutlich lässt sich die starke Anhäufung derselben in dem leitenden Gewebe, den Blattnerven und dem Blattstiele, bis in die perennirenden Theile herab, von Zelle zu Zelle, verfolgen. Dass jedoch diese Ueberführung nie ganz vollständig geschieht, sondern ein Theil dieser krystallinischen Niederschläge mit den Blättern zugleich vom Baume abfällt, ist mir sehr leicht erklärlich, denn es wird eine nicht unbedeutende Lebenskraft dazu gehören, den im Spätherbste noch vorhandenen oxalsauren Kalk, diesen sich so leicht und bis zuletzt bildenden Körper, völlig zu verwerthen; diese Lebenskraft ist aber zu dieser Zeit doch bedeutend gebrochen und für das laufende Jahr ihrem Ende sehr nahe.

Uebrigens geht die mit den abfallenden Blättern denselben augenblicklch entzogene Oxalsäure nicht verloren, denn dieselbe wird durch die auf der Erdoberfläche langsam fortschreitende Oxydation des Humus der atmosphärischen Luft und so auch den Pflanzen als Kohlensäure wieder gegeben. Hauptsächlich scheint es mir hier eben auf die Wiedergewinnung der Oxalsäure abgesehen zu sein, welche sich die Pflanzen nicht auf so billige Weise, als den Kalk, herbeischaffen können.

Weiter fand ich dann im darauffolgenden Frühjahre, dass

II. beim Austreiben der Knospen die in den perennirenden Theilen liegenden krystallinischen Niederschläge wieder Aufnahme durch die Knospen finden.

Ich konnte mich deutlich davon überzeugen, dass die aus den perennirenden Theilen bis in die Knospen führenden Wege in grosser Menge davon enthielten. In ganz auffallender Menge fand eine Ansammlung solcher krystallinischer Niederschläge unmittelbar unter der Anheftungsstelle der Knospen statt; mit Beginn einer lebhafteren Vegetation wurden dieselben jedoch in die Knospen übergeführt und dort verwerthet. Ich konnte deutlich sehen, dass in den perennirenden Theilen in ganzen Zelllagen, die früher krystallinische Niederschläge enthalten hatten, jetzt, nach deren Wiederlösung und Ueberführung in die Knospen, grosse leere Räume entstanden waren.

Dass die von den Knospen aufgenommenen krystallinischen Niederschläge daselbst weiter verwerthet werden und nicht unnütz liegen bleiben, unterliegt gar keinem Zweifel; denn nicht allein, dass mit der weiteren Entwickelung der Knospen eine sichtbare Verminderung der anfänglich in grösserer Menge vorhandenen

krystallinischen Niederschläge stattfindet, es würde auch gar nicht naturgemäss sein, die Knospen, diese allerersten, jugendlichen Organe, mit einem solchen Ballast zu erfüllen, der für ihre Entwickelung gewiss nur hinderlich sein würde.

Aus den nun schematisch angeführten Pflanzen wird wohl ziemlich deutlich zu ersehen sein, was für Krystallformen und in welch' annähernder Menge dieselben im Herbste in die perennirenden Theile niedergelegt und im Frühjahre von den Knospen wieder aufgenommen wurden.

Um jedoch die verschiedenen Krystallformen nicht immer wieder beim Namen nennen zu müssen, bezeichne ich die drei häufigsten und auffallenden Grundformen, nämlich die als Raphiden vorkommenden krystallinischen Niederschläge mit I., die Drusen mit II. und alle anderen, meist kleineren, dem quadratischen oder klinorhombischen Systeme angehörenden mit III.

Bei folgenden Pflanzen:	konnte ich im Herbste eine theilweise Zurückführung aus den Blättern in die perennirenden Theile beobachten von:	im darauffolgenden Monat März sah ich in die bereits mehr oder weniger entwickelten Knospen aufnehmen:
Acer Pseudo-Platanus	III.	III.
Aesculus Hippocastanum	I. II. u. III.	viel II.
Amygdalus communis	II.	II.
— *nana*	II.	II.
Ampelopsis quinquefolia	I u. II massenhaft	I u. II massenhaft
Corylus avellana	II massenhaft	II massenhaft
Crataegus Oxyacantha	II.	II.
Cydonia vulgaris	II u. III.	II u. III.
Evonymus latifolius	II viel	II viel
Juglans regia	II viel	II viel
Platanus vulgaris	II u. III.	II.
Populus pyramidalis	II massenh., wenig III.	II massenh., wenig III.
Prunus Cerasus	II.	II.
— *canadensis*	II u. III massenhaft	II u. III massenhaft

Bei folgenden Pflanzen:	konnte ich im Herbste eine theilweise Zurückführung aus den Blättern in die perennirenden Theile beobachten von:	im darauffolgenden Monat März sah ich in die bereits mehr oder weniger entwickelten Knospen aufnehmen:
Pyrus prunifolius	II u. III.	II u. III.
Quercus coccinea	II u. III viel	II u. III viel
— *rubra*	II u. III viel	II
Ribes diacantha	II wenig	II wenig
Rosa canina	viel II, wenig III.	viel II.
Salix cinerea	viel II.	viel II.
Spiraea sorbifolia	II u. III.	II.
— *prunifolia*	II.	II.
Tilia argentea	II massenhaft	II massenhaft
Ulmus montana	III.	III.
Vitis vinifera	I u. II massenhaft	I u. II massenhaft

Noch lasse ich eine Anzahl von Pflanzen folgen, bei welchen ich zwar nicht im Herbste die Ueberführung aus den Blättern in die perennirenden Theile, wohl aber im Frühjahre die Aufnahme in den perennirenden Theilen liegender krystallinischer Niederschläge durch die Knospen beobachtete.

In den folgenden Pflanzen:	waren in den perennirenden Theilen im Frühjahre vorhanden:	wurden davon im Monat März von d. Knospen aufgenommen:
Amorpha nana	III wenig	III wenig
Betula rubra	II wenig	II wenig
Carpinus Betulus	II.	II.
Cornus maculata	II.	II.
Cotoneaster tomentosa	II u. III wenig	II u. III wenig
Crataegus Pyracantha	III wenig	III wenig
Juglans nigra	II massenhaft	II massenhaft

In den folgenden Pflanzen:	waren in den perenirenden Theilen im Frühjahre vorhanden:	wurden davon im Monat März von d. Knospen aufgenommen:
Prunus Padus	II.	II.
— *Marosa*	II viel	II viel
— *Pullveria*	II u. viel III.	II u. III viel
Rhus glabra	II massenh., III wenig	II massenhaft
— *Toxicodendron*	wie glabra	wie glabra
Ribes Grossularia	II viel	II viel
Rosa rubifolia	III.	III.
Rubus spectabilis	II.	II wenig
Symphonia racemosa	II.	II.
Ulmus intermedia	II wenig	II wenig
Viburnum Lantana	II massenhaft	II.

Auch bei *Hedera Helix*, welche sehr viel II. in den Stengel enthielt, konnte ich eine beträchtliche Aufnahme derselben durch die Knospen verfolgen.

Es wird auffallen dass bei einigen vorgenannten Pflanzen z. B, *Aesculus Hippocastanum*, *Platanus vulgaris*, *Quercus rubra*, *Rosa canina*, *Spiraea sorbifolia*, *Rhus glabra* und *Toxicodendron* nicht alle Krystallformen in den Knospen wieder gefunden wurden, welche im Stamme vorhanden waren, und zwar war diess immer so, dass wohl II. aber nicht I. und III. sichtbar waren. — Sollte ich aber das Vorhandensein von I. und III. hier übersehen haben, was ich jedoch, wenigstens für I. sehr bezweifle, so wäre dies bei einer mikroskopischen Aufsuchung so kleiner Körper wohl einigermassen zu entschuldigen. — Ist dies jedoch nicht der Fall gewesen — und ich werde mir im nächsten Frühjahre nochmals Gewissheit darüber zu verschaffen suchen — so liesse sich diese Erscheinung recht gut aus dem Grunde erklären, weil den Krystallen I. und III. in Folge ihrer intensiver ausgeprägten Krystallform und deshalb grösseren Cohäsion ihrer einzelnen Theilchen, eine schwerere Löslichkeit als den Krystallen II. zugesprochen werden muss, welche Erklärung mit der zur Zeit der Beobachtung eben erst kurz wieder erwachten, an den verschiedenen Pflanzen sich auch in verschiedener Intensität zeigenden, Vegetation durchaus nicht in Widerspruch steht.

Auch ist gewiss die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass nach dem Wiederauflösen krystallinischer Niederschläge von der einen Form dieselben bei einer erneuten Krystallisation in einer andern Form erscheinen können, nachdem von Souchay und Lenssen (Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 100. pag. 311) nachgewiesen worden ist, dass auf die Krystallformen des oxalsauren Kalks die Zeitdauer der Krystallisation von entscheidendem Einflusse ist.

Dass bei einigen oben angeführten Pflanzen, z. B. *Quercus rubra*, *Rubus spectabilis* und *Viburnum Lantana*, erst eine verhältnissmässig geringe Menge von Krystallen in den Knospen zu der in dem Stamme liegenden sichtbar war, dass ich bei einigen Pflanzen wohl Krystalle im Stamme, z. B. bei *Berberis Neuberti* II, bei *Cornus sanguinea* II, bei *Sorbus sp.* sehr viel II. und III, bei *Spiraea confusa* II., deren aber noch nicht in den kaum entwickelten Knospen fand, sondern der oxalsaure Kalk in den letzteren nur in Lösung durch das als dafür am besten von mir erkannte, in einer anderen Arbeit ausführlich beschriebene Reagens, durch Kali, nachweisbar war, zeigt eben nur die verschiedene Intensität des in diesen Pflanzen neu erwachten Lebens.

So habe ich auch bei vielen anderen perennirenden Pflanzen z. B. *Daphne spec.*, *Philadelphus coronarius*, *Syringa vulgaris* etc., bei vielen einjährigen Pflanzen, den oxalsauren Kalk nie als krystallinischen Niederschlag, aber stets dessen Vorhandensein in Lösung nachweisen können; selbst in den Knollen der Kartoffel, in vielen Samen z. B. von *Pisum*, *Phaseolus*, *Brassica*, *Nigella*, *Papaver*, *Cucumis*, *Curcurbita*, *Avena*. *Hordeum*, *Triticum* etc. gelang es mir, Spuren davon aufzufinden. — Auch bei *Pinus sylvestris*, von dem Holzner sagt, nie oxalsauren Kalk krystallinisch darin gesehen, wohl aber aus Sägespähnen mittelst der von Sanio (A. a. O. pag. 255.) angegebenen Analyse deutliche Oktaeder von oxalsauren Kalk erhalten zu haben, habe ich im vorigen Herbste sehr schön ausgebildete Krystalle mittelst des Mikroskops gefunden. — Doch ich will mich hier nicht über die grösseren oder kleineren Mengen des in den Pflanzen vorkommenden oxalsauren Kalks verbreiten, zumal es jetzt wohl eine allgemein anerkannte Thatsache ist, dass derselbe ein Product aller Pflanzen ist, sondern ich wollte nur den Nachweis versuchen, dass derselbe kein todtes Absonderungsproduct ist.

Wenn diese Versuche schon zu der Annahme berechtigen, dass Kalk und Oxalsäure nicht, wie bisher meist angenommen

wurde, nur werthlose Producte sind, sondern denselben und ganz besonders der Oxalsäure, eine ganz andere Bedeutung beigelegt werden muss, so geschieht dasselbe auch durch meine Beobachtungen über

III. die Wanderungen des oxalsauren Kalks beim Keimen

und

IV. das Verschwinden desselben bei den im Dunkeln wachsenden Pflanzen.

Ich liess nämlich Samen von *Pisum sativum* und *Phaseolus vulgaris* keimen, von jedem die eine Hälfte unter normalen Verhältnissen, die andere in einem völlig dunklen Raume wachsen und beobachtete in den daraus gezogenen Pflanzen das Auftreten der krystallinischen Gebilde, welche ich mittelst der bekannten Reagentien für oxalsauren Kalk erkannte.

Dieselben gehörten, wie ich gleich erwähnen will, und soviel ich zu bestimmen vermochte, sowohl dem quadratischen als auch dem klinorhombischen Systeme an; sie zeigten dieselben Krystallformen, welche ich in den ersten angeführten mikroskopischen Beobachtungen mit III. bezeichnete.

Die am 10. Juni 1868 gesteckten Samen keimten in Folge der günstigen Witterung binnen wenig Tagen. — Bei den am Lichte wachsenden Pflänzchen von *Phaseolus*, in dessen Samen ich schon früher Spuren von oxalsaurem Kalk nachgewiesen hatte, zeigte sich alsbald nach stattgefundener Keimung in allen Theilen eine beträchtliche Menge davon in Lösung und auch schon 4—5 Tage darnach die ersten Krystalle und zwar zuerst an der Stelle wo sich Stengel und Wurzel trennen. — Von dieser Stelle ausgehend nahmen nach und nach, sowohl nach oben als nach unten, die Krystalle immer mehr zu, bis dieselben auch den 1. Juli in den Blättern sichtbar wurden. — Den 6. Juli zeigten sich, ebenfalls an jener vorhin bezeichneten Stelle, einzelne Drusen, die den 15. Juli, ebenfalls sehr vereinzelt, in den Blättern bemerkt wurden. — Trotz sorgfältigen Suchens konnte ich von den letzteren bei späteren Beobachtungen nie wieder bemerken, dieselben waren also wieder in Lösung gegangen, dagegen waren die ersteren in ziemlicher Menge bis zum Absterben und nach demselben erkennbar. — Da jedoch bei diesem Absterben die Pflanzen noch ziemlich viel Stärke, Eiweisskörper, Chlorophyll etc. enthielten, so konnte ich aus der Beobachtung der am Lichte wachsenden Pflanzen nur theilweise Nutzen ziehen.

Anders bei den im Finstern wachsenden. — Ausser dem bei etiolirten Pflanzen immer sehr intensiven Längenwachsthume war auch in Bezug auf die Entstehung und fortschreitende Vermehrung der Krystalle zu Anfange der Vegetation kein Unterschied von den am Lichte wachsenden Pflanzen bemerkbar. — Wie bei jenen, so traten auch bei diesen in späterer Zeit vereinzelte Drusen auf, welche ebenfalls in einiger Zeit wieder verschwanden. Als jedoch die Vegetation bei diesen Pflanzen ihrem Ende entgegenging, als Stärke, Chlorophyll, Eiweissstoffe etc. immer mehr schwanden, da zeigte sich auch, dass eine Verminderung der in ziemlicher Menge vorhandenen Krystalle III. stattfand und zwar geschah diess in der Richtung von oben nach unten, d. h. die Abnahme der Krystalle geschah zuerst in den Blättern und schritt nach abwärts immer weiter fort, also in entgegengesetzter Richtung ihrer Zunahme.

Bei diesen bis zum 28. Juli völlig abgestorbenen Pflanzen blieben jedoch immer zuletzt in den niederen Stengeltheilen, also denjenigen Stellen, welche am längsten dem Absterben widerstanden und deren unterste weiter oben von mir zugleich als die Bildungs- und erste Ablagerungsstätte der Krystalle bezeichnet wurden, selbst nach dem Absterben derselben eine beträchtliche Menge der Krystalle sichtbar, da natürlich mit dem immer näher heranrückenden Ende jeder Vegetation die zu ihrer Auflösung und Umsetzung nöthige Saftbewegung immer mehr fehlte und die zu ihrer weiteren Verwerthung nöthigen Organe bereits abgestorben waren.

Hier und da waren wohl auch noch einzelne Krystalle in den Blättern und oberen Stengeltheilen zu finden, welche so zu sagen vergessen worden waren, denn bei den unter so abnormen Verhältnissen vegetirenden Pflanzen ist es leicht denkbar, dass einzelne Zellschichten von der allgemeinen Saftbewegung vollständig abgeschnitten werden und in solchen Zellschichten auch noch Stärkekügelchen etc. nachgewiesen werden konnten.

Immer jedoch war bei den so kultivirten Pflanzen die nach dem Absterben zuletzt in den Blättern und oberen Stengeltheilen etwa noch sichtbare Menge von krystallinischen Niederschlägen eine verhältnissmässig geringe gegen die bei noch lebhafter Vegetation vorhandene.

Die mit *Pisum sativum* angestellten Versuche führten zu demselben Resultate, doch muss ich die Abwesenheit von Drusen erwähnen.

Auch mit *Solanum tuberosum* in dieser Richtung und in gleicher Weise angestellte Versuche bestätigten die obigen Ausführungen. — Die zu diesem Zwecke aus den am 15. Juli gesteckten Knollen erhaltenen, im Finstern gezogenen, Pflanzen beschlossen ihr Leben den 10. October. — Auch hier bildeten sich nur wenige Tage nach dem Hervorbrechen der jungen Pflanzen krystallinische Niederschläge von oxalsaurem Kalk an jener oben näher bezeichneten Stelle, nahmen nach unten und oben bald zu, vor dem Ende der Vegetation doch von oben nach unten verschwindend wieder ab, bis hier auch durch die plötzlich abgebrochene Saftbewegung in den untern Stengeltheilen noch deutliche Mengen davon vorhanden waren.

Diese krystallinischen Niederschläge, welche übrigens hier in auffallender Menge auftraten, hatten vorwiegend eine pulverartige Form und nur kurze Zeit vor dem Vegetationsabschlusse konnte ich auch einige oktaëdrische Krystalle beobachten.

Aus diesen letzteren Versuchen lernte ich neben der Bestätigung der schon früher nachgewiesenen Behauptung über die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes überdiess zweierlei, dass nämlich die Entstehung der Krystalle nicht in den Blättern, wohl aber deren weitere Verwerthung dort stattfindet.

Nach diesen Versuchen mit einjährigen Pflanzen werde ich mir angelegen sein lassen, dieselben auch auf mehrjährige Pflanzen auszudehnen und die Resultate seiner Zeit bekannt werden lassen.

Trotz aufmerksamer Beobachtung konnte ich übrigens bei den Versuchen mit *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum* und *Solanum tuberosum* nichts von einer gesetzmässigen Anordnung der Krystalle in den Zellen bemerken; nicht allein, dass ich Krystalle verschiedener Systeme und verschiedener Formen, sondern auch deren Hauptaxen in regelloser Ordnung in unmittelbarer Nähe bei einander fand.

Der Transport dieser krystallinischen Niederschläge von seiner Bildungsstätte nach den Ablagerungsstätten, den perennirenden Theilen, und nach seinen Verbrauchsstätten, den Wurzeln, Knospen und Blättern, geschieht in analoger Weise, wie diess Sachs in seiner Experimentalphysiologie (pag. 395) für die Fortleitung der Stärke, und auch in ähnlicher Weise für den Zucker und das Oel, mitgetheilt hat.

Sachs sagt darüber: „In den Parenchymzügen, in denen die Stärke wandert, liegen in jeder den Weg bezeichnenden Zelle,

gewöhnlich an einer der, die Richtung der Bewegung durchschneidenden Querwände, kleine Stärkekörnchen, welche auf der Wanderung begriffen sind. Diese Wanderung kann aber nicht in Form von Körnern stattfinden, sondern geschieht, indem die Stärkekörner in den leitenden Parenchymschichten sich lösen, die nächste Zellwand durchdringen und sich hier in Form kleiner Körner niederschlagen, um abermals wieder gelöst und durch die folgende Querwand hindurch geführt zu werden und so weiter in der Richtung des Verbrauchs. Durch die Neigung des stärkebildenden Stoffes, sich in Körnern niederzuschlagen, ist ein Mittel gegeben, grosse Massen dieser Substanz in einem engen Raume anzuhäufen, (um so den Gesetzen der Diffusion gerecht zu werden)."

Schliesslich erwähne ich noch eine Arbeit von Dr Hartig (bot. Zeitung 1865). Derselbe hat eine grössere Zahl von ausdauernden Pflanzen, als *Cupuliferen*, *Pomaceen* etc. etc. untersucht und darinnen Krystalle beobachtet, welche er für gerbsauren Kalk erklärt.

Neben mehreren, auch dem oxalsauren Kalke eigenen Reactionen kommt er desshalb zu dem Resultate, diese Krystalle für gerbsauren Kalk zu erklären, weil denselben die oktaëdrische Form des oxalsauren Kalks fehle. Auch ich hatte bei meinen Versuchen grösstentheils Gelegenheit, die chemische Natur der Krystalle in den von Dr. Hartig untersuchten Pflanzen näher zu bestimmen, doch überall musste ich sie für oxalsauren und nicht für gerbsauren Kalk halten, wie es denn ja längst von Sanio, Holzner u. A. nachgewiesen ist, dass der oxalsaure Kalk auch in anderen als oktaëdrischen Formen krystallisirt.

Heinrich Arno Aé.